

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Efecto de diferentes coberturas plásticas de polipropileno tejido
sobre parámetros productivos de tomate riñón (*Solanum
lycopersicum* L.) Puellaro - Pichincha.**

Santiago David Buitrón Vaca

Ingeniería en Agronomía

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo

Quito, 12 de mayo de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Efecto de diferentes coberturas plásticas de polipropileno tejido sobre
parámetros productivos de tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.)
Puellaró - Pichincha.**

Santiago David Buitrón Vaca

Nombre del profesor, Título académico

Mario Caviedes, PhD.

Quito, 12 de mayo de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Santiago David Buitrón Vaca

Código: 00203597

Cédula de identidad: 1719490862

Lugar y fecha: Quito, 12 de mayo de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Para el año 2021, la producción de tomate riñón a nivel nacional ocupó una superficie sembrada de 1700 hectáreas, obteniendo una cosecha de 55000 toneladas con una productividad promedio estimada de 33,5 toneladas por hectárea, siendo la hortaliza de mayor cultivo en el Ecuador. El uso de coberturas plásticas no es un mecanismo de protección común en la agricultura ecuatoriana, sobre todo en cultivos como el tomate riñón; los acolchados se componen de polímeros inocuos e inertes y permiten maximizar el rendimiento del mismo, al evitar la germinación de las semillas de malezas, minimizar la erosión del suelo, reducir el uso de fertilizantes, optimizar el recurso hídrico, y reducir la proliferación de plagas y enfermedades. El presente estudio evaluó el efecto de cinco coberturas plásticas de polipropileno tejido de diferentes colores a través de varios parámetros productivos relacionados con el rendimiento y la calidad del híbrido de tomate riñón Sheila Victory. Se evaluaron 5 tratamientos con coberturas plásticas de color negro (control), rojo, blanco, verde y azul, utilizando 4 repeticiones bajo un diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA) con parcelas experimentales de 3.2m²; se evaluaron las variables: número promedio de frutos por planta, peso promedio de frutos por planta (g), calibre de los frutos, rendimiento promedio total de la cosecha (g) y contenido de azúcares (sacarosa). El tratamiento con cobertura de polipropileno de color azul mostró los mejores resultados generales durante la evaluación tanto para las variables de rendimiento, con 11,67kg, como para las variables de calidad con un valor de 3,53°Bx y con un calibre de fruto 2 (2,75/4). Los resultados del estudio demostraron un efecto positivo en los diferentes parámetros evaluados por el uso de coberturas plásticas, así como en la sanidad del cultivo.

Palabras clave: Coberturas plásticas, polipropileno, productividad, Sheila Victory, tomate riñón.

ABSTRACT

By the year 2021, tomato production at the national level occupied a planted area of 1700 hectares, obtaining a harvest of 55,000 tons with an estimated average productivity of 33.5 tons per hectare, being the most cultivated vegetable in Ecuador. The use of plastic mulches is not a common protection mechanism in Ecuadorian agriculture, especially in crops such as tomato; mulches are composed of innocuous and inert polymers and allow maximizing yields by preventing weed seed germination, minimizing soil erosion, reducing the use of fertilizers, optimizing water resources, and reducing the proliferation of pests and diseases. The present study evaluated the effect of five different colored polypropylene woven plastic mulches on several production parameters related to yield and quality of tomato hybrid Sheila Victory. Five treatments with black (control), red, white, green and blue plastic mulches were evaluated using 4 replications under a completely randomized block design (CRBD) with experimental plots of 3.2m²; the following variables were evaluated: average number of fruits per plant, average weight of fruits per plant (g), fruit size, average total yield (g) and sugar content (sucrose). The treatment with blue polypropylene mulch showed the best overall results during the evaluation for both yield variables, with 11.67kg, and quality variables with a value of 3.53°Bx and fruit size 2 (2.75/4). The results of the study showed a positive effect on the different parameters evaluated by the use of plastic mulches, as well as on crop health.

Key words: plastic mulches, polypropylene, productivity, Sheila Victory, tomato.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| <hr/> | |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN | 14 |
| II. MARCO TEÓRICO | 16 |
| <hr/> | |
| 2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN | 16 |
| 2.1.1 TAXONOMÍA Y FISIOLÓGIA. | 16 |
| 2.1.2 REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS. | 17 |
| 2.1.3 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS Y NUTRICIONALES DEL CULTIVO. | 18 |
| 2.1.4 MANEJO AGRONÓMICO. | 19 |
| 2.2 TIPOS DE COBERTURAS PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS | 23 |
| 2.2.1 COBERTURAS DE ORIGEN VEGETAL USADAS PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS. | 23 |
| 2.2.2 COBERTURAS DE ORIGEN SINTÉTICO USADAS PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS. | 24 |
| 2.2.3 COBERTURAS DE POLIPROPILENO TEJIDO. | 25 |
| 2.3 EFECTO DE LAS COBERTURAS PLÁSTICAS DE COLORES SOBRE EL CULTIVO | 25 |
| 2.4 IMPACTO EN EL RETORNO ECONÓMICO | 29 |
| III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS. | 30 |
| <hr/> | |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 30 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 30 |
| 3.3 HIPÓTESIS | 30 |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 31 |
| <hr/> | |
| 4.1 MATERIALES | 31 |
| 4.1.1 MATERIAL BIOLÓGICO. | 31 |
| 4.1.2 COBERTURAS PLÁSTICAS DE POLIPROPILENO TEJIDO. | 31 |
| 4.2 MÉTODOS | 32 |
| 4.2.1 MANEJO DEL EXPERIMENTO. | 32 |
| 4.2.2 LABORES CULTURALES. | 33 |
| 4.2.3 RECOLECCIÓN DE DATOS. | 34 |
| 4.2.4 MÉTODOS ESTADÍSTICOS. | 34 |
| V. RESULTADOS | 36 |
| <hr/> | |
| 5.1 NÚMERO PROMEDIO DE FRUTOS POR PLANTA | 36 |
| 5.2 PESO PROMEDIO DE LOS FRUTOS POR PLANTA | 38 |
| 5.3 CALIBRE DE LOS FRUTOS POR PLANTA | 39 |
| 5.4 RENDIMIENTO PROMEDIO TOTAL DE LA COSECHA | 41 |
| 5.5 CONTENIDO DE AZÚCARES (SACAROSA) | 43 |
| VI. DISCUSIÓN | 44 |
| <hr/> | |

| | |
|---|------------------|
| <u>VII. CONCLUSIONES</u> | <u>48</u> |
| <u>VIII. RECOMENDACIONES</u> | <u>49</u> |
| <u>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | <u>50</u> |
| <u>ANEXO A: IMPLEMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO</u> | <u>58</u> |
| <u>ANEXO B: TABLA RESUMEN NÚMERO PROMEDIO DE FRUTOS POR PLANTA</u> | <u>58</u> |
| <u>ANEXO C: TABLA RESUMEN PESO PROMEDIO DE LOS FRUTOS POR PLANTA</u> | <u>59</u> |
| <u>ANEXO D: TABLA RESUMEN CALIBRE DE LOS FRUTOS POR PLANTA</u> | <u>59</u> |
| <u>ANEXO E: TABLA RESUMEN RENDIMIENTO PROMEDIO TOTAL DE LA COSECHA</u> | <u>59</u> |
| <u>ANEXO F: TABLA RESUMEN CONTENIDO DE AZÚCARES (SACAROSA)</u> | <u>60</u> |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Rangos descritos para la determinación del calibre de los frutos (Gamboa y Quezada, 2021)..... | 35 |
| Tabla 2. Análisis de la Varianza para la variable número promedio de frutos por planta... 36 | 36 |
| Tabla 3. Análisis de la Varianza para la variable peso promedio de los frutos por planta... 38 | 38 |
| Tabla 4. Análisis de la Varianza para la variable calibre de los frutos por planta..... | 38 |
| Tabla 5. Análisis de la Varianza para la variable rendimiento promedio total de la cosecha.. | 41 |
| Tabla 6. Rangos obtenidos para el análisis de media de tratamientos con la prueba de significancia estadística de Tukey..... | 41 |
| Tabla 7. Análisis de la Varianza para la variable contenido de azúcares (sacarosa)..... | 43 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de la distribución de los tratamientos establecidos aleatoriamente en campo..... | 32 |
| Figura 2. Distribución de las medias de la variable número promedio de frutos por planta... | 37 |
| Figura 3. Distribución de las medias de la variable peso promedio de los frutos por planta.. | 38 |
| Figura 4. Distribución de las medias de la variable calibre de los frutos por planta..... | 39 |
| Figura 5. Distribución de las medias de la variable rendimiento promedio total de la cosecha..... | 42 |
| Figura 6. Distribución de las medias de la variable contenido de azúcares (sacarosa)..... | 43 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más cultivada a nivel mundial con un estimado de 5.2 billones de hectáreas sembradas en el año 2021; y la de mayor valor económico junto al continuo incremento en su demanda, con un precio promedio de 1.4 euros (€) por kilogramo (kg) en Europa y 1.52 dólares (\$) por kg en Estados Unidos (Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, 2023) (Banco Central Europeo, 2021) (United States Department of Agriculture, 2022). El cultivo de tomate riñón a nivel nacional se ha implementado principalmente en la sierra ecuatoriana, en las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Imbabura y Pichincha, con una superficie sembrada estimada de 1 700 hectáreas, con una producción de 55 000 toneladas y con una productividad estimada de 33,5 t/ha⁻¹ para el año 2021 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2023) (FAO, 2023) (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

La producción convencional para el tomate que se ha difundido en la región sierra consiste en la implementación del cultivo bajo invernadero para impedir que el mismo mantenga una interacción directa con el ambiente, lo que permite un mejor manejo agronómico. La generación de este agroecosistema, contribuye directamente con la protección del cultivo frente a condiciones ambientales desfavorables al exterior del invernadero, sin embargo, dado el esquema de producción de monocultivo, esto también ha desencadenado el incremento de la incidencia de diferentes plagas, enfermedades y malezas asociadas a esta especie (Magaña et al., 2018). Las malezas que crecen en asociación con el cultivo de tomate pueden causar varios problemas en las diversas etapas de desarrollo y producción, esto debido a que, generan competencia por recursos como agua, nutrientes, luz

y espacio; además, porque actúan como hospederos de diferentes plagas y enfermedades que se pueden transmitir con facilidad (CENIDA, 2008).

Los mecanismos más empleados para el control de malezas son labores culturales manuales como la deshierba, mecánicas como el corte e incorporación del material vegetal, físicas como el uso de coberturas plásticas, pero sobre todo el control de malezas se realiza con agentes químicos sintéticos. Cuando se usan coberturas vegetales que no son completamente inocuas, se pueden generar problemas al incorporarse en el cultivo ya que estas pueden servir para la proliferación de diferentes agentes patógenos, por lo que su uso se ha reducido con el tiempo. Respecto al uso de coberturas de polímeros sintéticos, el plástico negro, que es el más utilizado, no es necesariamente la mejor opción para el desarrollo del cultivo cuando se considera que la temperatura alcanzada por el sustrato puede ser muy superior a 22°C debido a que el color negro acepta toda la radiación solar y la disipa a manera de calor (Ibáñez, 2008). Además, desde una perspectiva ambiental, el uso de planchas de polietileno para cada ciclo de cultivo significa una cantidad excesiva de plástico con residuos de agroquímicos en calidad de pasivo ambiental que debe ser tratado.

El uso indiscriminado de agroquímicos sumado a la falta de medición sistemática de los residuos generados por los mismos en tomates cosechados puede generar riesgo elevado de intoxicación, donde de las 20 aplicaciones que se realizan en promedio por ciclo de cultivo, se ha determinado que al menos 6 corresponden a herbicidas (Reinoso, 2015). En Ecuador, la gran mayoría de agricultores dedicados al rubro de tomate son pequeños productores con poco conocimiento en el uso de agroquímicos, lo que se evidencia al verificar que la extensión promedio sembrada por finca es de menos de 1Ha (INEC, 2023). Como consecuencia, se podría asumir que existe un descontrol sobre los agroquímicos empleados para el manejo del cultivo y el número de aplicaciones realizadas, lo que puede repercutir en fenómenos biológicos evolutivos de resistencia o tolerancia adquirida por parte

de las plagas, enfermedades y malezas. Además, la contaminación por estas moléculas se puede extender sobre el ecosistema nativo de la zona productiva afectando a la flora, fauna, microflora y microfauna endémica.

El uso desmedido de agroquímicos sobre el cultivo también repercute en la probable intoxicación a corto, mediano o largo plazo tanto para el productor como para consumidor. La salud del operario que realiza las aplicaciones de plaguicidas en el cultivo se puede ver afectada de diversas formas debido a la continua exposición, pero sobre todo, debido a los mecanismos precarios empleados y a la falta de uso de equipos de bioseguridad. Los principales efectos dañinos asociados a la salud del operario tiene que ver con afecciones a sus vías respiratorias, quemaduras en tejido cutáneo, disminución de funciones relacionadas al sistema nervioso central, efectos sobre la fertilidad y capacidad reproductiva, inmunodeficiencia e incluso propensión al desarrollo de cáncer (Solomon, Kirsch, Lim, y Miller, 2000). La ingesta de agroquímicos se relaciona directamente con intoxicaciones de diversa gravedad, sin embargo, las afecciones relacionadas al consumo de trazas de agroquímicos presentes en los alimentos tiene una mayor dificultad de medir, aunque se presume que este podría ser el origen de algunas enfermedades gastrointestinales, generar úlceras y considerando un consumo prolongado podría causar cáncer (Solomon, Kirsch, Lim, y Miller, 2000).

1.2 Justificación

La protección del cultivo de tomate frente al agroecosistema que se genera al interior del invernadero implica que mediante un manejo agronómico adecuado reducimos los efectos negativos causados por plagas, enfermedades y malezas, para maximizar la productividad. Uno de los mecanismos físicos a emplear para reducir la propagación de malezas y para evitar la aplicación de herbicidas es el uso de coberturas plásticas. La técnica de acolchamiento de suelos es una práctica muy antigua que se ha venido realizando especialmente con coberturas vegetales para proteger al cultivo y al suelo de diferentes factores biológicos como animales, plagas y enfermedades de raíz; y ambientales como la erosión causada por el viento y la radiación solar, que también provocan el incremento en el índice de evapotranspiración y pérdida de agua tanto en la matriz del suelo como en el cultivo (Ucles, 2011).

Los acolchados sintéticos son una alternativa a las coberturas vegetales y se componen de polímeros inocuos e inertes de larga duración, que no generan una interacción directa con el cultivo, pero que maximizan el rendimiento del cultivo al brindarle ventaja competitiva evitando la germinación de las semillas de malezas, y ventaja diferencial al minimizar la erosión del suelo, impedir la evapotranspiración acelerada por la radiación, reducir el uso de fertilizantes y el requerimiento hídrico, y al reducir la proliferación de plagas cuyos ciclos biológicos se desarrollen parcial o totalmente en el suelo (Frutos, 2015).

Considerando a la productividad como uno de los principales factores de la producción, el uso de coberturas plásticas de diferentes colores permite una diferenciación entre la temperatura máxima y la temperatura idónea alcanzada en la zona radicular para maximizar su actividad fisiológica, donde el incremento de la temperatura en la zona cubierta es directamente proporcional a la radiación capturada por la cobertura, la misma que no debería ser mayor a 22°C para no causar daño a la raíz (Ibáñez, 2008). Además, se ha

demostrado que debido a la transmitancia y refracción de la luz sobre la superficie de las coberturas, se puede conseguir un efecto positivo respecto a la productividad del cultivo al maximizar la cantidad de luz PAR (Photosynthetically Active Radiation) que recibe el mismo. La filtración de la radiación solar en longitudes de onda específicas respecto a cada color empleado también tiene un efecto sobre la capacidad de germinación de la semilla de las malezas debido a que al no contar con la suficiente cantidad de luz, los embriones pierden completamente su capacidad fototrópica al germinar (Zhou, 2016).

Los productores que cultivan bajo invernadero y usan coberturas plásticas generalmente usan las de color negro y el polímero más empleado es el polietileno de baja densidad, un material que tiene la ventaja de ser económico con una vida útil no mayor a la de un ciclo de cultivo para las variedades más empleadas a nivel nacional con un hábito de crecimiento determinado (Cacoango, 2018). El uso de otros polímeros de mayor durabilidad como el polipropileno tejido representa además de una reducción considerable de costos de producción en material, una reducción considerable de pasivos ambientales generados por la agricultura nacional. Es necesario también considerar que la investigación realizada sobre diferentes colores y materiales de cobertura ha permitido determinar que en términos de productividad, el color negro, junto con otros colores oscuros como rojo y azul, puede incrementar la producción en cultivos como la oca, y colores claros como el blanco y verde, pueden beneficiar a cultivos de diferentes cucurbitáceas como melón y pepino (Gordon, 2010) (Amare y Desta, 2021).

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del cultivo de tomate riñón

2.1.1 Taxonomía y fisiología.

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta dicotiledónea, herbácea y perenne del orden Solanales, de la familia Solanaceae, del género *Solanum*. Esta planta presenta una raíz pivotante de hasta un metro y medio con raíces adventicias laterales, un tallo pubescente cilíndrico erguido que no lignifica durante el crecimiento y puede alcanzar hasta 2 metros de altura, sus hojas compuestas también pubescentes se disponen de forma alterna y segregan una sustancia aromática y verdosa. Las inflorescencias se presentan a manera de camas o ramilletes florales, la flor hermafrodita se forma de un pedúnculo corto con androceo y gineceo completamente desarrollados, con un cáliz compuesto de 5 sépalos y una corola compuesta de 5 pétalos amarillos. El fruto de esta planta es una baya roja con tamaño variable que envuelve las semillas presentes en el mucilago en un pericarpio carnoso (Argerich y Gaviola, 2019).

Esta planta tiene como centro de origen la región alto andina de Ecuador, Perú y Bolivia, siendo su ancestro común más cercano en su forma silvestre una baya cuyo nombre científico es *Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme* (Fornaris, 2007). Se considera que su centro de domesticación está en el área de Veracruz y Puebla en México, sin embargo, esto no significa que esta especie no haya sido cultivada o empleada por otras culturas mesoamericanas y sudamericanas lejanas al área descrita (Zamora, 2016). El ancestro del tomate riñón es una de las especies que se introdujo a Europa durante la etapa de colonización española en América, sobre esta se realizaron diferentes procesos de fitomejoramiento hasta obtener la planta que conocemos en la actualidad, la misma que fue

reintroducida a Estados Unidos en el siglo XVIII, periodo en el que también se distribuyó mundialmente (Fornaris, 2007).

Para el presente estudio se empleó el híbrido Sheila Victory F1, cuya fenología describe una planta vigorosa de crecimiento indeterminado, compacta y con entrenudos cortos, con alta uniformidad en el racimo, con un peso promedio de frutos de 165g, con un tiempo a floración de entre 60 y 80 días después del trasplante y con una ventana de cosecha entre los 80 y 120 día después del trasplante, con un ciclo total de cultivo de entre 180 y 210 días (Gamboa y Quezada, 2021).

2.1.2 Requerimientos agroclimáticos.

El tomate riñón está en capacidad de adaptarse a diferentes tipos de suelo con condiciones ambientales diversas, debido a la mejora genética realizada sobre esta especie. El tipo de suelo ideal para el cultivo de tomate riñón debe ser ligeramente ácido, con un pH de entre 5.5 y 6.5, con una conductividad eléctrica de entre 1,8mS/cm y 2,5mS/cm, se prefiere una textura franca a franca arcillosa procedente de oxisoles o ultisoles, con buen drenaje y buena aireación (López, 2016).

El cultivo de tomate riñón bajo invernadero se puede adaptar fácilmente a diferentes latitudes y altitudes durante todo el año en el Ecuador, siendo los factores primordiales para el desarrollo idóneo del cultivo la temperatura y la cantidad de luz. Respecto a la temperatura, se busca que esta oscile al interior del invernadero entre los 25°C - 30°C durante el día, así como que esta no sea menor a los 15°C durante la noche, especialmente durante los periodos de floración y cuajado de los frutos que son especialmente sensibles a cambios abruptos de temperatura (Saavedra Del Real, 2020). Es importante tomar en cuenta, que durante la etapa de cuajado de los frutos, se requiere de un control exhaustivo al interior del invernadero, ya que un delta de temperatura por sobre los 35°C puede causar abortos florales y daño por quebramiento en el epicarpio de los frutos (Cacoango, 2018).

En relación a la cantidad de luz, el tomate no es una planta sensible al fotoperiodo, sin embargo, durante las etapas de floración y cuajado de los frutos esta especie requiere de un mínimo de 7 horas con una intensidad de $350\text{mmol/m}^2/\text{s}$ de luz “Photosintetic Active Radiation” (PAR), para que los procesos fisiológicos se cumplan adecuadamente. La luz también es importante durante el desarrollo de los frutos, para la transformación de diferentes metabolitos volátiles en pigmentos como carotenos y antocianinas, y metabolitos en azúcares, por lo que la exposición del cultivo a la cantidad correcta de luz influye tanto sobre la uniformidad de su coloración como sobre la cantidad de azúcares acumulados (Cruz y Gómez, 2022).

El desarrollo óptimo del cultivo de tomate se logra en un rango de humedad relativa de entre 60% y 80%, lo que permite mantener un control sobre la evolución e incidencia de diferentes fitopatógenos, es por esto, que se recomienda utilizar un invernadero con sistema de ventilación cenital, considerando que la ventilación lateral reduce la temperatura y la humedad relativa por debajo de los rangos óptimos; además el movimiento de aire al interior del invernadero puede facilitar la aparición y propagación de enfermedades y plagas (Gamboa y Quezada, 2021).

2.1.3 Requerimientos hídricos y nutricionales del cultivo.

Debido a que durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, las raíces del tomate son superficiales, después del trasplante se requiere de una aplicación continua de agua para que las plántulas se desarrollen de manera óptima. El sistema de riego más utilizado para la producción de tomate bajo invernadero es el riego por goteo, el mismo que tiene una eficiencia de hasta el 95% al requerir una menor cantidad de agua, la que se dispone en condiciones de baja tensión exclusivamente en la zona radicular activa de la planta (López, 2016). El requerimiento hídrico del cultivo se debe calcular en función a su índice de evapotranspiración, en el que intervienen muchos más componentes ambientales, sin

embargo se ha estimado, que en función a la densidad aparente del suelo y su capacidad de almacenamiento de agua, el cultivo de tomate bajo invernadero requiere de entre 1,8L/planta/día y 2,7L/planta/día, lo que significa que aproximadamente se requieren de 702mm de agua/ha por ciclo de cultivo (Tamayo, Rivera y Neri, 2020).

Los requerimientos nutricionales del cultivo y la fertilización dependen en mayor medida del estado nutricional del suelo en el que se implementara el cultivo, por lo que es indispensable contar con un análisis de suelo y agua de riego actualizado al momento de trasplante de las plántulas al campo (Gamboa y Quezada, 2021). La fertilización en el cultivo de tomate se da en dos instancias principales, la primera fertilización se realiza al momento de la siembra aplicando fertilizantes químicos de lenta liberación y reactivos al agua para conseguir una nutrición inicial completa para el desarrollo de las plántulas (Caguana, Quindi y Robayo, 2003). La segunda instancia de fertilización, que se aporta mediante fertirrigación, debe considerar el estado fenológico del cultivo y se recomienda: para la etapa vegetativa del cultivo una fertilización a los 15 y 35 días después del trasplante, la misma que debe ser balanceada con concentraciones aproximadas de 4400ppm de nitrógeno (N), 3500ppm de fósforo (P) y 2900ppm de potasio (K), considerando también un aporte de calcio (Ca) y magnesio (Mg); para la etapa de floración y fructificación se recomienda una fertilización a los 55 y 75 días después del trasplante, con un aporte aproximado de 3000ppm de N, 4000ppm de P y 3200ppm de K, y una fertilización suplementaria de micronutrientes y bioestimulantes que se puede aplicar de manera foliar (López, 2016).

2.1.4 Manejo Agronómico.

2.1.4.1 Hábitos de crecimiento.

El tomate riñón presenta dos tipos de hábitos de crecimiento, el hábito de crecimiento determinado es el que corresponde con variedades de tomate orientadas a la industria de alta rusticidad que generalmente se cultivan a campo abierto, estas variedades se desarrollan

vegetativamente dando lugar a diferentes ramificaciones que terminan en una cama o ramillete floral donde se dará el cuaje de los frutos. Al contrario, el crecimiento indeterminado (correspondiente al híbrido Sheila Victory empleado en la investigación) es un tipo de crecimiento vegetativo en el que mediante podas y manejo agronómico se determina un número de brotes principales con un meristema que permite la dominancia apical y por ende el crecimiento indefinido del tallo hasta que este meristema es podado posteriormente, donde la floración y fructificación se da en brotes axiales del tallo principal (Maldonado et al., 2015).

Las variedades de mesa con hábito de crecimiento indeterminado son preferidas para el cultivo de tomate bajo invernadero debido a que presentan una mayor productividad en comparación a variedades de crecimiento determinado, sin embargo, las variedades de crecimiento indeterminado requieren de más mano de obra e infraestructura adecuada para un buen desarrollo estructural de las plantas ya que estas deben ser tutoradas y podadas (Julio et al., 2016).

2.1.4.2 Semillero y trasplante.

La multiplicación del tomate riñón se da generalmente mediante semillas, las mismas que se disponen en bandejas con turba para su germinación. En la etapa de almácigo del cultivo se requiere de un riego continuo y una fertilización con formulación a razón de 12-60-00, la misma que se debe aplicar a una dosis de 2,5g/l a los 10 días de después de la siembra con un periodo de 4 días entre cada aplicación. A partir de los 24 días después de la siembra, se debe hacer una fertilización completa de 20-20-20 a la misma dosis con un periodo de 5 días entre aplicación. Las plántulas estarán listas para ser llevadas a campo a partir de los 45 días después de la siembra, es importante identificar que las mismas muestren un buen desarrollo radicular antes del trasplante para lo que se puede adicionar un enraizante a la fórmula de fertilización (López, 2016).

2.1.4.3 Densidad de siembra.

La densidad de siembra empleada para el cultivo de variedades indeterminadas de tomate riñón bajo invernadero se determinó en 3 plantas/m², por lo que se espera una densidad aproximada de 30 000 plantas/Ha, con una distancia de siembra entre plantas de 25cm x 30cm a doble hilera en una cama 1m de ancho con una distancia entre camas de 0,50m y con camas de 35m de largo. Para este sistema de producción se permitió que cada planta genere dos brazos productivos a los que se les retiró la dominancia apical mediante una poda al tercer piso de inflorescencias obteniendo una productividad promedio de 38,2kg/m² de fruta cosechada (Sánchez et al., 2017).

2.1.4.4 Labores culturales.

2.1.4.4.1 Tutorado.

El tutorado es la labor cultural que permite guiar el tallo no lignificado del tomate evitando que este mantenga contacto con el suelo, considerando que en caso de no haber un tutor para guiar a los brotes, estos se comportaría como una planta rastrera. Para el tutorado se emplean postes al borde de las camas y en el extremo del camino central los mismos que deben enterrarse de un extremo a entre 35cm y 50cm de profundidad, estos postes sostendrán dos líneas de alambre galvanizado que se tensan sobre cada cama en donde se implementará el cultivo, se recomienda colocar los postes de pambil cada 3m a lo largo de la cama y tensar la línea central antes de realizar el trasplante (Gamboa y Quezada, 2021) (López, 2016). El tutorado se debe realizar entre los días 35 y 45 después del trasplante, cuando la altura de las plantas sea aproximadamente 50cm, para esto se emplea el sistema de tutorado español con una única guía sobre cada brote principal el mismo que está a una altura mínima de 2m sobre el suelo. Para el tutorado se emplea cinta tomatera y se realiza un nudo sobre la guía principal de la planta de forma que no impida el flujo de savia por el xilema de la planta y conforme la

misma va creciendo se la acomoda para que el tallo siga la guía principal y los brotes axiales se dispongan a los costados del mismo (Gamboa y Quezada, 2021).

2.1.4.4.2 Poda.

La poda es una práctica cultural que permite el control a conveniencia del agricultor sobre el desarrollo vegetativo en el cultivo de tomate, existen diferentes tipos de poda que se realizan en el tomate durante todo el ciclo productivo como la poda de formación, la poda de producción y la poda fitosanitaria. La poda de formación es fundamental para las variedades de hábito de crecimiento indeterminado ya que permite definir el número de ejes sobre los que se trabajará en la etapa productiva de la planta y en función de las características varietales generalmente se trabaja entre 2 y 3 ejes por planta. Este tipo de poda debe realizarse entre los 20 y 30 días después del trasplante eliminando no solo los brotes menos vigorosos sino también las hojas viejas y aquellas que estén descansando sobre el suelo para evitar la contaminación por fitopatógenos (López, 2016).

La poda de producción se realiza al momento de la floración por lo que también se la conoce como castración de flores, este tipo de poda se realiza en variedades indeterminadas de alta productividad y alta floración, esto debido a que el cuajado efectivo de todos los racimos florales del tomate puede repercutir en producciones de bajo calibre y bajo peso individual de los frutos. La poda de producción se realiza a partir de los 70 días después del trasplante, esto cuando aproximadamente toda la planta está en la misma etapa fisiológica lo que permite determinar la cantidad de frutos que se pueden obtener para el ciclo productivo en función a la cantidad de flores que se presentan (Saavedra Del Real, 2020).

Finalmente la poda fitosanitaria se puede realizar en cualquier etapa del ciclo de cultivo y consiste en la eliminación de cualquier tejido que pudiera presentar daño por fitopatógenos, esto con el fin de evitar, que el daño se generalice por el individuo y que el mismo no actúe como agente infeccioso del resto de plantas en el cultivo. Para realizar podas

fitosanitarias se debe identificar el tejido dañado y la plaga o enfermedad que generó el daño, el corte debe realizarse de forma limpia y evitando que parte del tejido afectado se quede en la planta, se debe usar una tijera de podar y se debe desinfectar el material empleado para la poda en cada corte que se realice sumergiéndolo en una solución a 50ppm de concentración de cloro (Saavedra Del Real, 2020).

2.2 Tipos de coberturas para la protección de cultivos

Para el cultivo de diversas especies como el tomate riñón, se emplean materiales de cobertura con la finalidad de proteger al suelo de la exposición directa al ambiente y generar las condiciones ideales para el desarrollo del cultivo. Los materiales de cobertura que pueden ser orgánicos o sintéticos, traen beneficios como evitar la germinación de semillas de malezas; mejorar la estructura física del suelo y evitar su erosión; impedir deltas extremos de temperatura en la zona radicular; permitir una mayor retención de humedad al reducir el índice de evapotranspiración del cultivo; regular la actividad biológica y microbiológica en el rizoma; incrementar la precocidad y productividad de los cultivos; evitar la proliferación de plagas y enfermedades; y puntualmente en el caso de materiales orgánicos, aumentar la cantidad de materia orgánica presente en el suelo (Sharma et al., 2023).

2.2.1 Coberturas de origen vegetal usadas para la protección de cultivos.

Las coberturas de origen vegetal, también denominadas como coberturas de origen orgánico provienen generalmente de desechos agroindustriales, a los que se les da un tratamiento previo para evitar que generen un pasivo ambiental y permitan su introducción al campo como un elemento funcional (Ucles, 2011). Los materiales de cobertura vegetal incluyen elementos como cascarilla de arroz, paja, corteza y virutas de especies maderables, hojarasca de especies de la familia Cupressaceae, cascaras de frutales como naranja, banano y demás restos foliares de los procesos postcosecha (Frutos, 2015).

Si bien existe una gran diversidad de elementos orgánicos que se pueden utilizar con este fin, es importante mencionar que los mismos, deben cumplir con un mínimo de características antes de ser introducidos al cultivo de modo que su presencia no perjudique la fitosanidad del mismo. Para un material de cobertura de origen vegetal, se busca que este sea inerte, es decir que no tenga ninguna interacción biológica directa con el cultivo, que sea estéril, es decir que tenga capacidad para dar lugar a la proliferación de su especie en el cultivo, que tenga una relación carbono – nitrógeno (C/N) de 0,7 o superior para facilitar su incorporación en el suelo con el tiempo, que tenga un porcentaje de humedad inferior al 20% antes de incorporarse al cultivo lo que evita que pueda ser fuente de fitopatógenos y finalmente que no presente trazas de biocidas que puedan afectar al cultivo (Caguana, 2022).

Varios experimentos realizados con coberturas de origen vegetal como la cascarilla de arroz han demostrado ser útiles para cultivos a campo abierto, especialmente en temporadas de siembra entre primavera y verano, esto debido a que ayudan a reducir la temperatura del suelo entre 2°C y 3°C permitiendo que la zona radicular no sufra de ningún estrés con temperaturas sobre los 30 °C, lo que permite un desarrollo fisiológico óptimo para el cultivo (Mendoza et al., 2020).

2.2.2 Coberturas de origen sintético usadas para la protección de cultivos.

Las coberturas de origen sintético son todos los polímeros plásticos fabricados y comercializados para cubrir el suelo y generar el ambiente adecuado para el desarrollo del cultivo. Entre los polímeros más utilizados para la elaboración de estas coberturas está el polietileno de baja densidad (LDPE) con calibres entre 0.8mm y 1.5mm; el polietileno de alta densidad (HDPE) que tiene una mayor resistencia al rasgado y rondan calibres entre 0.5mm y 1mm; el plástico LDPE con una película metalizada de aluminio que representa menos del 1% del peso del rollo con un calibre de 1mm a 1.5mm; el plástico VIF que se compone de 5 capas donde las dos más externas son polietileno de baja densidad unidas a dos capas

adhesivas y a la capa más interna que es de nylon, presenta un calibre de entre 0.9mm y 1.25mm; y el plástico TIF que tiene la misma estructura que el VIF, cambiando la capa más interna de nylon por copolímero de etilen-vinil alcohol (EVOH) con un calibre de entre 1.1mm y 1.25mm (Intergro, 2022).

2.2.3 Coberturas de polipropileno tejido.

El polipropileno tejido es un polímero que propiamente se ha diseñado para actuar como un geotextil para la cobertura de cultivos. Este polímero es un tejido tipo rafia al que se le añaden aditivos UV para maximizar su vida útil tanto en invernadero como a la intemperie. Además, es un material altamente resistente a la deformación mecánica y la torsión aplicada, por lo que es un material que se puede mantener en campo por varios ciclos de cultivo, además de que se puede transitar sobre el sin desgarrarlo (AgroRedes, 2021). El polipropileno (PP) presenta características bastante similares al LDPE, con la diferencia de tener un peso específico más bajo de $0,9\text{g/cm}^3$, una temperatura de reblandecimiento más alta, mayor tendencia a la oxidación que se debe resolver con el uso de aditivos, y un grado de cristalinidad medio entre LDPE y HDPE (Intergro, 2022). Las principales ventajas, además de su peso calculado de 100g/m^2 , son que permite una cobertura de luz del 98%; favorece la nitrificación de los cultivos; reduce la lixiviación de los fertilizantes; favorece a la producción de CO_2 a nivel radicular; evita incrementos excesivos de la temperatura del suelo; impide la proliferación de hongos patógenos de suelo así como de malezas; y reduce el requerimiento hídrico del cultivo (AgroRedes, 2021).

2.3 Efecto de las coberturas plásticas de colores sobre el cultivo

Los polímeros plásticos empezaron a utilizarse como cobertura para cultivos en la década de 1950 como una alternativa a la labor de deshierba para grandes extensiones de monocultivo, sin embargo, la investigación en polímeros de cobertura de diferentes colores se inició en la década de 1990, particularmente con el polímero de color rojo. La variación del

color de los recubrimientos plásticos está considerada para alterar el microclima a nivel de la planta y del suelo afectando el equilibrio espectral, la calidad y la cantidad de luz que recibe el cultivo, así como sus patrones de crecimiento y desarrollo, incluido el rendimiento de las plantas (Amare y Desta, 2021).

Los dos factores más importantes evaluados en los polímeros de diferentes colores son la transmisividad de radiación y el balance energético. La transmisividad de radiación corresponde a la capacidad que tiene el polímero dado su color de transferir la energía que recibe a manera de radiación solar, en otras formas de energía, pero fundamentalmente energía calórica. El plástico negro es el que muestra una mayor transmisividad de radiación, ya que está en capacidad de absorber eficazmente las longitudes de onda ultravioleta, visible e infrarroja de la radiación solar, seguido por el plástico azul, amarillo, verde, rojo; el plástico transparente presenta la menor transmisividad de radiación ya que actúa únicamente como un filtro que difracta la radiación solar en longitudes de onda específicas (Lamont, 2017).

El balance energético que presentan los polímeros cuantifica el índice de absorción y refracción de la luz, lo que incide fundamentalmente en la percepción de la relación rojo:rojo lejano (R:FR) en los fitocromos. Las plantas que reciben una luz R:FR elevada responden en un aumento de la altura de la planta y de la biomasa por encima del suelo. Este efecto se ha cuantificado de mayor a menor para los colores rojo, transparente, verde, azul, amarillo y negro (Helaly et al., 2018).

Respecto a la temperatura del suelo en la zona radicular, se ha encontrado que todos los polímeros de cobertura incrementan la temperatura respecto al suelo desnudo. Las temperaturas más altas (39,2°C) se han registrado con plástico negro, por lo que no se recomienda usar el mismo para zonas de cultivo con temperaturas ambientales altas ya que puede causar estrés calórico y repercutir sobre la productividad del cultivo (Gordon, 2010). Para incrementar la temperatura en zonas frías para el cultivo, se recomienda el uso de

plásticos de colores oscuros como negro, azul, marrón y olivo; se debe impedir el uso de plásticos blanco o bicolor (blanco sobre negro) ya que este reduce la temperatura del suelo cuando la planta presenta un dosel completo, lo que puede limitar su supervivencia e impedir la dormancia natural durante el invierno (Ibarra, 2008).

El impacto de las coberturas plásticas sobre la matriz hídrica del suelo se da debido a la protección que le ofrece a la evaporación causada por la radiación solar, pero además al limitar el contacto entre corrientes de aire y el suelo desnudo, reduce la erosión y ayuda al mantenimiento de la estructura del suelo y disminuye su densidad aparente (Amare y Desta, 2021). Se ha demostrado que el recubrimiento blanco (bicolor) aumenta la eficiencia del uso de agua en un 31% respecto a suelos desnudos en el cultivo de papa; se recomienda el uso de plástico negro para zonas con alta pluviosidad, esto debido a que se demostró que las coberturas negras presentan un índice de evapotranspiración de entre 202mm de agua y 442.6mm de agua lo que impide el encharcamiento, frente al plástico blanco (142.8 – 436.1 mm de agua) y a coberturas orgánicas (146 - 436 mm de agua) (Li et al., 2018). El uso de recubrimientos plásticos de diferentes colores muestra un aumento en la eficiencia del riego de entre 33% y 52% frente al suelo desnudo, especialmente cuando se usan coberturas plateadas las que al reflejar una mayor cantidad de luz PAR se reduce la temperatura del suelo lo que permite mantener la humedad en la zona radicular (Zhang et al., 2008).

El uso de cualquier cobertura sintética u orgánica favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos, sin embargo, el uso de coberturas de colores específicos ha mostrado generar impactos puntuales sobre ciertos cultivos. En el caso de los plásticos blancos, en el cultivo de sandía se evidenció la activación de yemas laterales y fructificación precoz a costa de acortar la altura de las plantas frente a plásticos negros. Además, el uso de plásticos rojo, negro y plateado causó un incremento en el follaje y la superficie foliar del cultivo (Ruiz et al., 2015). En el cultivo de lechuga se observó un mayor peso fresco, mayor número de hojas y mayor

área foliar con el uso de polietileno negro, blanco, azul y oliva frente a lo obtenido con suelo desnudo (Shah et al., 2018). Tanto para cebolla como para rábano, el uso de coberturas plásticas tuvo un efecto significativo en el desarrollo de tallos y raíces respectivamente, obteniendo los mejores resultados con recubrimiento plateado para cebolla, y con recubrimientos verde y transparente para rábano (Lee et al., 2019). Se ha visto también interacción con la temperatura del suelo y su efecto sobre la productividad en el cultivo de pimiento, donde el uso de color plateado durante el verano incrementa la producción frente al plástico negro y al suelo desnudo, con un promedio de 8 frutos cosechados por planta y un peso promedio de 1kg por fruto. Se ve el efecto contrario durante la producción de invierno, en la que se obtienen mejores resultados con el plástico negro, con un número promedio de 6 frutos por planta y un peso de 0,86kg por fruto (Filipovic et al., 2016).

Además de los efectos en el incremento de la productividad de los cultivos, se han evidenciado también efectos asociados al uso de plásticos de diferentes colores sobre parámetros de calidad de los cultivos, como pueden ser los metabolitos generados por la planta y acumulados en los frutos o tejidos de interés, la cantidad de azúcares titulables, la cantidad de sólidos solubles y sólidos totales y el contenido de minerales y vitaminas. En el cultivo de sandía, el uso de cobertura de polietileno negro mostró tener efecto sobre un incremento en el porcentaje de materia seca, azúcares totales, azúcares reductores, y contenido de vitamina C (El-Shaikh y Fouda, 2008). En el cultivo de lechuga se observa un comportamiento similar con polietileno negro, el que causó un incremento en el contenido de vitamina C y compuestos fenólicos (Shah et al., 2018). El uso de una cobertura plateada aumentó el contenido de sólidos solubles totales, azúcar reductor, azúcar no reductor, vitamina C y piruvatos en cebolla (Lee et al., 2019). El uso de una cobertura negra tuvo un impacto negativo sobre el cultivo de papa al causar la disminución de la vitamina C, la firmeza del tubérculo, la gravedad específica y el contenido de almidón (Zhang et al., 2017).

2.4 Impacto en el retorno económico

El uso de recubrimientos plásticos se plantea como una alternativa para la producción sustentable de cultivos, considerando que se deben adoptar estrategias y desarrollar tecnología innovadora para generar un menor impacto ambiental y procurar cosechas al coste más bajo posible para el agricultor, pero sobre todo, respetuosas con el ambiente. El uso de coberturas plásticas biodegradables a partir de polímeros como el polipropileno tejido surge como alternativa de manejo para cultivos que se ven principalmente afectados por la presencia de malezas y sobre los cuales no se puede aplicar herbicidas, dadas ciertas regulaciones internacionales especialmente a nivel europeo. Es así, que se ha evaluado la eficiencia ecológica de una tecnología innovadora para la producción de cultivos como fresas, utilizando diferentes tipos de películas de recubrimiento de polipropileno y su impacto en el rendimiento del cultivo y el rendimiento económico (Krishkova y Tsoleva, 2020).

El uso de coberturas plásticas incrementa el rendimiento de los cultivos por el sinnúmero de beneficios mencionados previamente, sin embargo, la instalación de esta tecnología requiere de mano de obra y mantenimiento, por lo que la rentabilidad asociada al uso de coberturas plásticas se debe asociar no solo a las condiciones del mercado para la oferta y demanda de un producto, sino también, para la paridad de ingresos y egresos dado el volumen producido y el costo de la producción de dicho volumen (Krishkova y Tsoleva, 2020). Es por esto que, a pesar de que la productividad de los cultivos pueda incrementar dado el uso de tecnología innovadora, esto podría no ser suficiente dado el costo de inversión que representa colocar esta tecnología y es por esto que, para cultivos perennes, como fresas de producción anual, se recomienda el uso de polímeros de alta durabilidad y larga vida útil como el polipropileno tejido (AgroRedes, 2021).

Es necesario generar conciencia de consumo para los productos agrícolas asociados al desarrollo tecnológico, lo que permite que el agricultor mantenga un ingreso por sobre el

precio de sustentación de su producto y permite el desarrollo de nueva tecnología en bien de una producción sustentable. Además, se requiere establecer unidades mínimas productivas de cultivo e identificar las mejores coberturas plásticas para maximizar la producción de los diferentes cultivos considerando sus requerimientos fisiológicos individuales.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.

3.1 Objetivo general

Cuantificar el efecto de cinco colores de coberturas plásticas de polipropileno tejido a través de diferentes parámetros productivos en el rendimiento del híbrido de tomate riñón Sheila Victory.

3.2 Objetivos específicos

- 3.2.1 Cuantificar el efecto de los diferentes colores sobre el rendimiento individual y total por tratamiento en todo el ciclo de cultivo.
- 3.2.2 Determinar el impacto de los diferentes tratamientos sobre la calidad, el calibre y la cantidad de azúcares cuantificables en el fruto de tomate.
- 3.2.3 Seleccionar el mejor tratamiento evaluado respecto a los diferentes efectos que tiene el color sobre los parámetros productivos.

3.3 Hipótesis

Las coberturas de polipropileno tejido de colores incrementan los parámetros productivos en tomate riñón.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Material biológico.

Para llevar a cabo el experimento, se empleó el híbrido de tomate riñón Sheila Victory, de la casa comercial Sakata. El híbrido Sheila Victory se describe fenotípicamente como una planta vigorosa, con hábito de crecimiento indeterminado, compacta y con entrenudos cortos que le brindan alta uniformidad en la floración y el cuajado del racimo frutal; con frutos que presentan un peso promedio de 165g, de alta firmeza y durabilidad postcosecha (Gamboa y Quezada, 2021). El proceso de mejora genética ha conferido a este híbrido resistencias a patógenos como *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* de las razas 1 y 2, al Virus del Mosaico del Tomate (ToMV) y al Virus del Bronceado del Tomate (TSWV), además de presentar una alta tolerancia a la presencia de nemátodos del género *Meloidogyne* spp. (SAKATA, 2023).

En términos productivos, se estima que la productividad del híbrido Sheila Victory es de 36,64kg/m², con un rendimiento promedio de 7,51kg por planta en todo su ciclo productivo bajo un manejo convencional y con una fertilización completa, por lo que se estima una productividad de 225,3 toneladas por hectárea (Gamboa y Quezada, 2021).

4.1.2 Coberturas plásticas de polipropileno tejido.

Para el desarrollo del experimento se evaluó un polímero geotextil de polipropileno tejido, colocado a manera de cobertura en la cama al momento del trasplante del cultivo. Se estructuraron cinco tratamientos con este polímero tejido tipo rafia de diferentes colores: rojo, verde, azul, bicolor (blanco sobre negro), y negro como cobertura control, al ser el color generalmente empleado por los productores. Los tratamientos se distribuyeron en el campo

según se describe en la figura 1. Las coberturas se colocaron previo a la siembra el mismo día; y debajo de ellas se colocaron 2 líneas de goteo por cama.

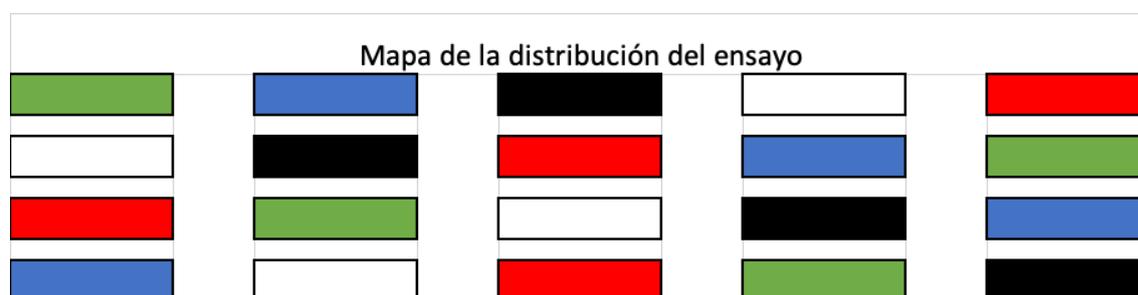


Figura 1. Mapa de la distribución de los tratamientos establecidos aleatoriamente en campo.

4.2 Métodos

4.2.1 Manejo del experimento.

El experimento se implementó el 29 de marzo de 2021 en la parroquia rural Puéllaro, en la Hacienda La Josefina ubicada en el kilómetro 17 en sentido sur – norte de la vía Pisque – Puéllaro, con coordenadas 00° 06' 50'' N y 78° 45' 21'' E. Esta localidad presenta una temperatura anual promedio de 27,5°C, y una precipitación anual promedio de 619,8mm (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca MAGAP, 2013). El experimento se realizó al interior de un invernadero de 500m², en el que se instalaron los cinco tratamientos a lo largo de 4 camas de 22m, dando lugar a las 4 repeticiones, en parcelas experimentales de 3.2m², con una separación entre parcela experimental de 0,5m. Las parcelas experimentales para cada tratamiento se construyeron con camas de 4m de largo por 0,8m de ancho y con una altura de 0,2m sobre las que se dispusieron 2 mangueras de goteo y la cobertura de polipropileno tejido. Finalmente, para el manejo agronómico, se priorizó el uso de controladores biológicos para el control de plagas y enfermedades, uso de microorganismos benéficos y la fertilización fue orgánica.

4.2.2 Labores culturales.

4.2.2.1 Trasplante.

Las plantas se dispusieron en hilera doble alternada con una distancia entre plantas de 50cm y con un total de 16 plantas por parcela experimental, con una densidad de siembra estimada de 5plantas/m². Las coberturas plásticas se colocaron sobre la cama de forma completamente aleatorizada y para fijarlas al suelo se enterraron los extremos laterales y se clavaron las 4 esquinas con estacas metálicas. Para la siembra se realizaron cortes transversales sobre la cobertura de polipropileno tejido, dejando una abertura de aproximadamente 10cm por la que se introdujeron las plantas del híbrido Sheila Victory, las que tenían aproximadamente un periodo de germinación de un mes. Las plantas se dispusieron junto a cada gotero y las mangueras se colocaron en el centro de la cama.

4.2.2.2 Poda.

La primera poda de formación se realizó el 13 de mayo de 2021, 45 días después del trasplante, para esto se identificaron los dos brotes laterales de mayor vigor y se cortaron los demás brotes y las hojas cercanas al suelo. Durante todo el ciclo productivo se realizaron diferentes podas sanitarias conforme al desarrollo del mismo y se realizaron controles semanales de brotación a partir de la primera semana de cosecha. Se realizó una poda terminal el 18 de septiembre de 2021, a la sexta cosecha, 127 días después de la siembra.

4.2.2.3 Tutorado.

El tutorado se realizó de igual forma el 13 de mayo de 2021, 45 días después del trasplante. Para el tutorado se emplearon los postes y las cerchas propias de la estructura del invernadero para sobre ellas colocar una guía horizontal de alambre galvanizado sobre cada cama antes del trasplante. Se empleó el sistema de tutorado español con una única guía sobre cada brote productivo, para esto, se sujetó cinta tomatera en la base medianamente lignificada

del tallo cuidando no asfixiar a la planta y se direccionó el tallo verticalmente para que sea soportado por el tutor.

4.2.3 Recolección de datos.

La recolección de datos inició el 10 de julio del 2021, 73 días después del trasplante, para la evaluación de parámetros productivos del cultivo. Para la toma de datos, se marcaron 10 plantas de forma aleatoria en cada unidad experimental y se evitaron marcar las plantas borde. La toma de datos se realizó con una periodicidad de 15 días entre cosechas, culminando a la séptima cosecha, 186 días después de la siembra.

4.2.4 Métodos estadísticos.

4.2.4.1 Diseño experimental.

Para el desarrollo de este experimento se utilizó el diseño experimental de Bloques Completamente Aleatorizados (DBCA) con 5 tratamientos (cobertura geotextil de polipropileno tejido): rojo, verde, azul, bicolor (blanco sobre negro) y negro (control); y 4 repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales. Cada unidad experimental contó con 16 plantas sobre las que se instaló de forma aleatoria la cobertura de polipropileno tejido de diferente color.

4.2.4.2 Variables experimentales.

Las variables evaluadas fueron: número promedio de frutos por planta, para lo que se contabilizaron todos los frutos dentro de la escala de calibre de las 10 plantas marcadas; calibre de los frutos, según los rangos descritos (tabla 1); peso promedio de los frutos por planta, para lo que se utilizó una báscula a batería y se pesó en campo individualmente cada fruto cosechado de las 10 plantas marcadas; rendimiento promedio total de la cosecha, para lo que se sumó el peso de toda la cosecha de las 4 repeticiones evaluadas en campo incluyendo las plantas no marcadas y las plantas borde; contenido de azúcares (sacarosa), para lo que se

tomaron dos muestras por cada tratamiento y cada repetición en cada cosecha, posteriormente esas muestras se llevaron a laboratorio y se procesaron para extraer su zumo y medir el contenido de azúcares en grados brix, donde cada grado brix (1°Bx) corresponde con 1g de sacarosa disuelto en 100g de solución, con un refractómetro digital.

Tabla 1. Rangos descritos para la determinación del calibre de los frutos (Gamboa y Quezada, 2021).

| Calibre | Diámetro (mm) |
|---------|---------------|
| 1 | <80 |
| 2 | 65 – 79 |
| 3 | 55 – 64 |
| 4 | 45 – 54 |

4.2.4.3 Prueba de significancia estadística de Diferencia Mínima Significativa.

La prueba de diferencia mínima significativa (DMS) es una prueba que permite la comparación de las medias de los tratamientos frente al grupo control y la comparación de un par de tratamientos lo más diferentes posible. La prueba DMS se basa en la distribución estadística T, después de comprobar con el análisis ANOVA que el valor de F obtenido es significativo (Sánchez, 2018). Sin embargo, en esta investigación se realizó la prueba DMS cuando no se obtuvo un valor de F estadísticamente significativo para identificar si existían diferencias entre las medias obtenidas para los tratamientos frente al control.

$$DMS = T(v) \times Sd$$

4.2.4.4 Prueba de significancia estadística de Tukey.

La prueba de significancia estadística de Tukey es una prueba de gran adaptabilidad que consiste en calcular un único valor T para determinar la significación estadística de las

diferencias entre las medias (Sánchez, 2018). Esta prueba de significancia estadística se empleó para comparar las medias de los tratamientos para cada variable, siempre que su efecto de acuerdo con ANOVA tengan un valor de F significativo.

$$T = Q_p(r, s, n) \times S\bar{Y}$$

V. RESULTADOS

5.1 Número promedio de frutos por planta

Tabla 2. Análisis de la Varianza para la variable número promedio de frutos por planta.

| Fuente Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Suma de Cuadrados Medios | F calculada | F tabular |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------|------------------|
| Total | 19 | 3,02 | | | |
| Bloques | 3 | 1,09 | 0,364 | 3,28 ^{ns} | 3,49 |
| Tratamientos | 4 | 0,60 | 0,15 | 1,34 ^{ns} | 3,25 |
| Error | 12 | 1,33 | 0,11 | | |
| ns: No Significativo | | | | | |
| <i>S</i> | 0,333 | | | | |
| <i>CV</i> | 18,59% | | | | |
| <i>S\bar{Y}</i> | 0,167 | | | | |
| <i>Sd</i> | 0,236 | | | | |

De acuerdo con el ANOVA (tabla 2), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para bloques y tratamientos de la variable número promedio de frutos por planta; el coeficiente de variación fue de 18,59% y el error estándar de las medias fue 0,167.

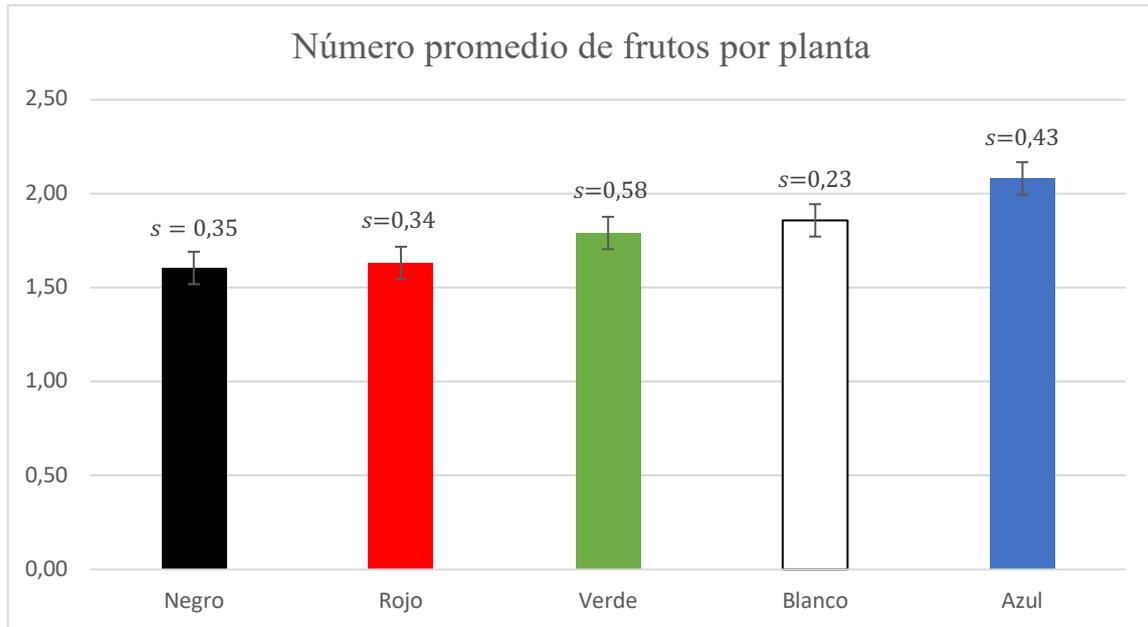


Figura 2. Distribución de las medias de la variable número promedio de frutos por planta.

Al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas para tratamientos, se graficó la tendencia de las medias (Figura 2). El mejor tratamiento se obtuvo con la cobertura de color azul, con una media de 2,08 frutos promedio por planta, seguido de los colores blanco y verde con medias de 1,86 y 1,79 respectivamente; finalmente, los tratamientos con menores medias fueron las coberturas de color rojo y negro con 1,63 y 1,60 frutos promedio por planta respectivamente.

5.2 Peso promedio de los frutos por planta

Tabla 3. Análisis de la Varianza para la variable peso promedio de los frutos por planta.

| Fuente Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Suma de Cuadrados Medios | F calculada | F tabular |
|--|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|-----------|
| Total | 19 | 2908,76 | | | |
| Bloques | 3 | 1457,08 | 485,692 | 4,33* | 3,49 |
| Tratamientos | 4 | 105,94 | 26,48 | 0,24 ^{ns} | 3,25 |
| Error | 12 | 1345,75 | 112,15 | | |
| * $p \leq 0.05$; ns: No Significativo | | | | | |
| <i>S</i> | 10,590 | | | | |
| <i>CV</i> | 10,13% | | | | |
| $S\bar{Y}$ | 5,295 | | | | |
| <i>Sd</i> | 7,488 | | | | |

El ANOVA realizado para la variable peso promedio de los frutos por planta (tabla 3) mostró que existen diferencias estadísticamente significativas para los bloques y que no existen diferencias significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación obtenido fue de 10,13% y el error estándar de las medias fue 5,295.

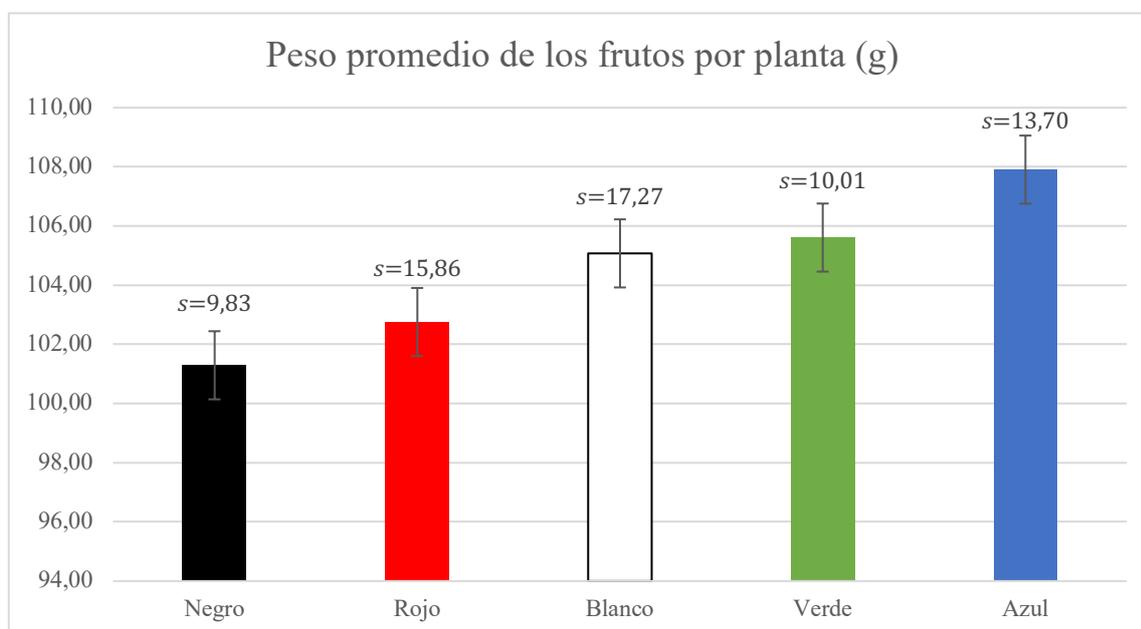


Figura 3. Distribución de las medias de la variable peso promedio de los frutos por planta.

Al no existir diferencias estadísticamente significativas para tratamientos, se graficó la tendencia de las medias (Figura 3). Para la variable peso promedio de los frutos por planta se obtuvo que el mejor tratamiento fue la cobertura de color azul con una media de 107,91g; los tratamientos con coberturas verde y blanco son los siguientes con medias de 105,61g y 105,08g respectivamente; finalmente, los tratamientos con coberturas roja y negra presentan medias inferiores con 102,75g y 101,29g respectivamente.

5.3 Calibre de los frutos por planta

Tabla 4. Análisis de la Varianza para la variable calibre de los frutos por planta.

| Fuente Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Suma de Cuadrados Medios | F calculada | F tabular |
|------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|-----------|
| Total | 19 | 3,51 | | | |
| Bloques | 3 | 0,96 | 0,321 | 2,23 ^{ns} | 3,49 |
| Tratamientos | 4 | 0,82 | 0,21 | 1,43 ^{ns} | 3,25 |
| Error | 12 | 1,73 | 0,14 | | |
| ns: No Significativo | | | | | |
| <i>S</i> | 0,379 | | | | |
| <i>CV</i> | 13,42% | | | | |
| <i>S\bar{Y}</i> | 0,190 | | | | |
| <i>Sd</i> | 0,268 | | | | |

El ANOVA llevado a cabo para evaluar la variable calibre de los frutos por planta (tabla 4), muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas tanto para tratamientos como para bloques. De este análisis se obtuvo que el coeficiente de variación fue de 13,42% y el error estándar de las medias fue 0,190.

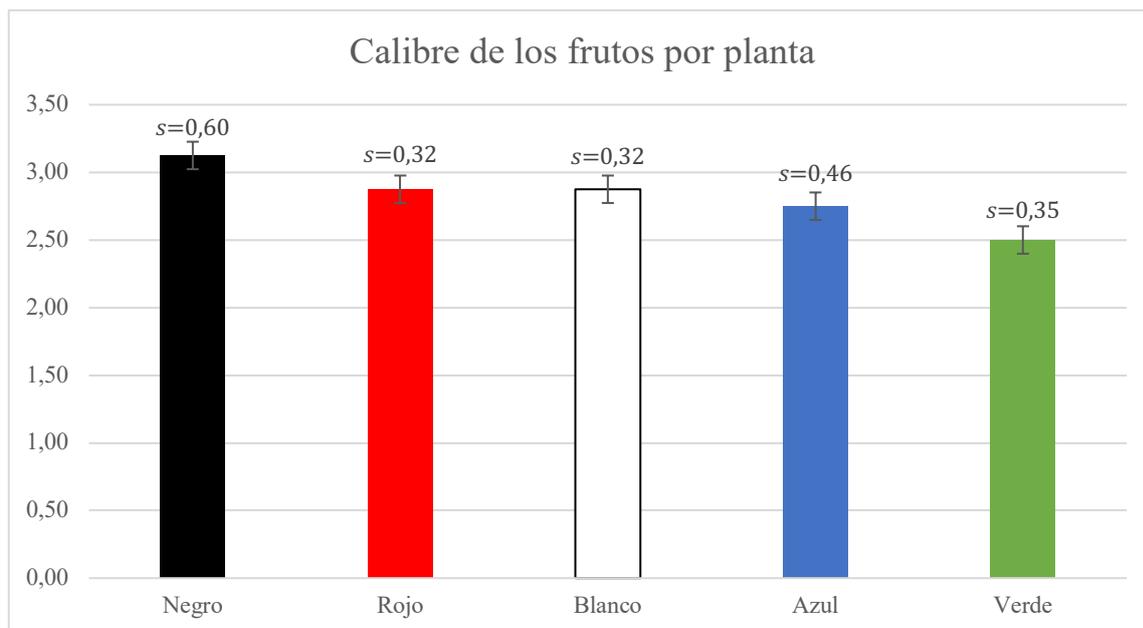


Figura 4. Distribución de las medias de la variable calibre de los frutos por planta.

Dado que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se representó gráficamente la tendencia de las medias obtenidas (Figura 4). Para la variable calibre de los frutos por planta se obtuvo que el mejor tratamiento fue la cobertura de color verde, con un calibre que oscila dentro de la categoría 2; se obtuvo la misma media para los tratamientos de las coberturas de color rojo y blanco con 2,88 lo que significa, que al igual que el tratamiento azul, pertenecen a la categoría 2; el tratamientos con calibre más bajo fue negro con categoría 3.

5.4 Rendimiento promedio total de la cosecha

Tabla 5. Análisis de la Varianza para la variable rendimiento promedio total de la cosecha.

| Fuente Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Suma de Cuadrados Medios | F calculada | F tabular |
|------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-------------|-----------|
| Total | 19 | 11917067,48 | | | |
| Bloques | 3 | 10108307,24 | 3369435,747 | 61,20* | 3,49 |
| Tratamientos | 4 | 1148078,35 | 287019,59 | 5,21* | 3,25 |
| Error | 12 | 660681,89 | 55056,82 | | |
| * $p \leq 0.05$ | | | | | |
| <i>S</i> | 234,642 | | | | |
| <i>CV</i> | 17,95% | | | | |
| $S\bar{Y}$ | 117,321 | | | | |
| <i>Sd</i> | 165,917 | | | | |

El ANOVA que se realizó para la variable rendimiento promedio total de la cosecha (tabla 5), mostro que existen diferencias estadísticamente significativas tanto para tratamientos como para bloques, por lo que se procedió a realizar una prueba de significancia estadística de Tukey. De este análisis se obtuvo que el coeficiente de variación fue de 17,95% y el error estándar de las medias fue 117,321.

Tabla 6. Rangos obtenidos para el análisis de media de tratamientos con la prueba de significancia estadística de Tukey.

| Tratamientos | | | | | |
|------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Media Tratamientos (g) | 969,16 | 1159,09 | 1289,19 | 1452,06 | 1667,06 |
| Rango | b | ba | ba | ba | a |

*Valores de medias con el mismo rango no difieren estadísticamente. ($p \leq 0.01$)

La prueba de significancia estadística de Tukey (tabla 6), arrojó que el tratamiento estadísticamente superior fue el de color azul, con una media de 1667,06g, sin que este sea estadísticamente diferente a los tratamientos blanco, verde y rojo con medias de 1452,06g, 1289,19g y 1159,09g respectivamente; el único tratamiento estadísticamente diferente al azul fue el tratamiento con cobertura negra, con la media de menor valor de 969,16g. Sin

embargo, el tratamiento negro tampoco era estadísticamente diferente a los tratamientos rojo, verde y blanco.

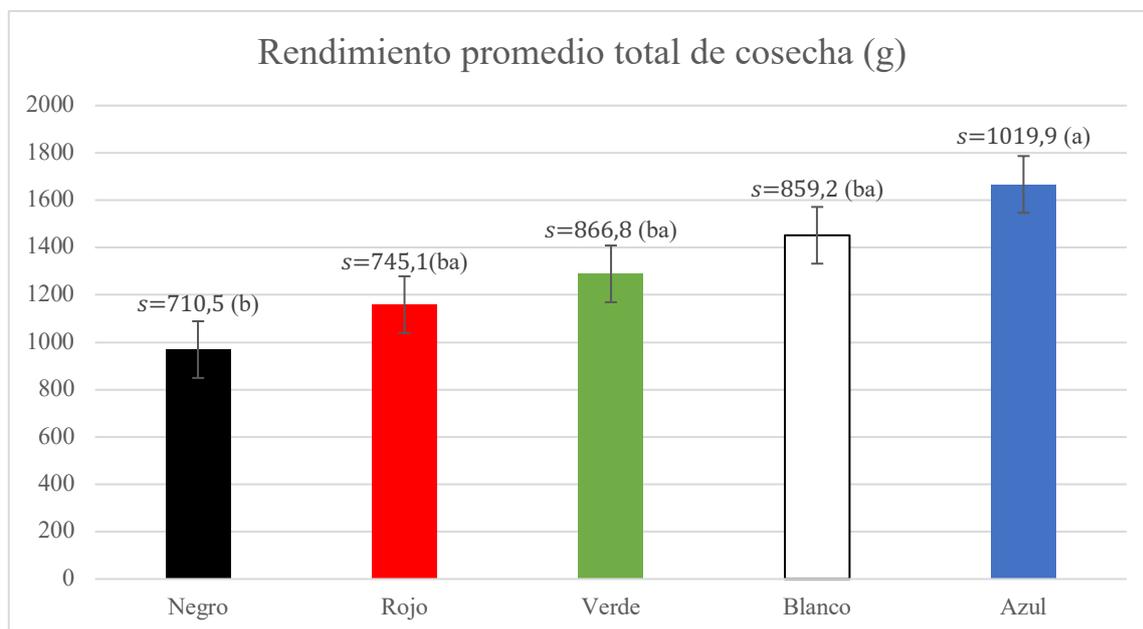


Figura 5. Distribución de las medias de la variable rendimiento promedio total de la cosecha.

La figura 5 muestra la distribución de las medias obtenidas para la variable rendimiento promedio total de la cosecha, siendo el mejor tratamiento la cobertura de color azul con categoría a, sin ser estadísticamente diferente a los tratamientos blanco, verde y rojo con categoría ba, los que a su vez no son estadísticamente diferentes al tratamiento de color negro con categoría b.

5.5 Contenido de azúcares (Sacarosa)

Tabla 7. Análisis de la Varianza para la variable contenido de azúcares (sacarosa).

| Fuente Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Suma de Cuadrados Medios | F calculada | F tabular |
|--|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|-----------|
| Total | 19 | 4,75 | | | |
| Bloques | 3 | 3,97 | 1,324 | 22,79* | 3,49 |
| Tratamientos | 4 | 0,08 | 0,02 | 0,34 ^{ns} | 3,25 |
| Error | 12 | 0,70 | 0,06 | | |
| * $p \leq 0.05$; ns: No Significativo | | | | | |
| <i>S</i> | 0,241 | | | | |
| <i>CV</i> | 6,89% | | | | |
| $S\bar{Y}$ | 0,121 | | | | |
| <i>Sd</i> | 0,170 | | | | |

El ANOVA realizado para la variable contenido de azúcares (tabla 7) mostró que existen diferencias estadísticamente significativas para los bloques y que no existen diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos. El coeficiente de variación obtenido para el contenido de azúcares fue 6,89% y el error estándar de las medias fue de 0,121.

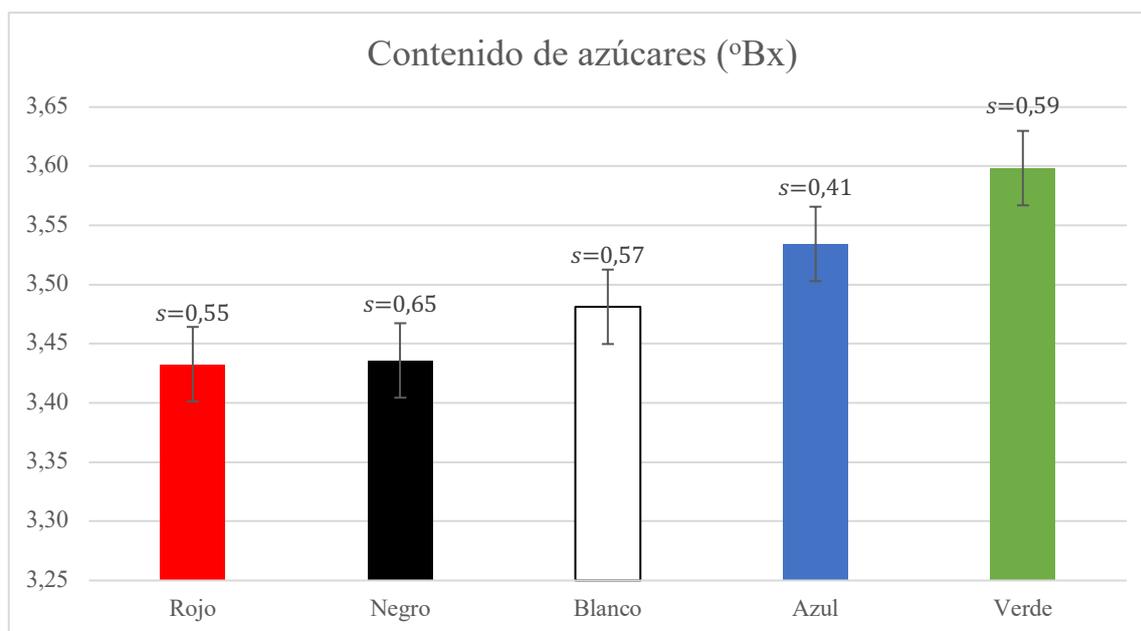


Figura 6. Distribución de las medias de la variable contenido de azúcares (sacarosa).

Dado que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se representó gráficamente la tendencia de las medias obtenidas (Figura 6). La media más alta se obtuvo para el tratamiento con cobertura de color verde con 3,60 °Bx, seguida del tratamiento azul con media de 3,53 °Bx; los tratamientos con medias más bajas fueron los de colores blanco, negro y rojo con medias de 3,48 °Bx, 3,44 °Bx y 3,43 °Bx respectivamente.

VI. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio determinaron que el mejor tratamiento para la variable número promedio de frutos por planta (2,08) fue la cobertura de color azul, este resultado difiere de los obtenido en otra investigación, que reportó un número promedio de frutos por planta de 3,08 que supera en un 32,5% sobre lo obtenido en el presente estudio; de igual forma, el segundo mejor tratamiento obtenido para la variable número promedio de frutos por planta fue la cobertura de color blanco con 1,86, frente al promedio reportado de 2,88 frutos por planta, lo que representa un 35,42% de incremento sobre lo obtenido en el presente estudio (Enríquez, 2020). Con respecto al tercer mejor tratamiento obtenido para esta misma variable, que corresponde con la cobertura de color verde, con un valor de 1,79, difiere de los resultados obtenidos por la Mendoça et al., 2020, quienes obtuvieron 4,5 frutos promedio por planta, siendo 60,22% superior a lo obtenido en el presente estudio. Las diferencias encontradas en cuanto a los valores promedios de esta variable se podrían atribuir al uso de diferentes genotipos (F1) en los diferentes estudios, así mismo, a una mayor incidencia de plagas y enfermedades en la presente investigación.

Respecto a la variable peso promedio de los frutos por planta, el presente estudio demostró que el mejor tratamiento corresponde con el color azul, con el que se obtuvo un peso promedio de 107,91g, valor que difiere en un 1,51% respecto al obtenido para el mismo

tratamiento de 109,57g (Enríquez, 2020). El segundo mejor tratamiento obtenido para esta variable fue la cobertura de color verde, con un peso promedio de 105,61g, el mismo que es 16,05% inferior al obtenido por Enríquez, 2020 (125,80g) y un 35,76% inferior al valor obtenido por Mendoça et al., 2020 (164,37g). El tercer mejor tratamiento obtenido para el peso promedio de los frutos por planta fue con la cobertura de color blanco, con un valor de 105,08g el que es superior en un 55,99% del presentado previamente por Enríquez, 2020 (46,25g). Los diferentes resultados entre las investigaciones podrían deberse a las diferentes épocas de siembra y a las variaciones en temperatura, humedad relativa y manejo agronómico del cultivo.

En cuanto corresponde a la variable rendimiento promedio total de cosecha, se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de color azul siendo el de mejor rendimiento, y negro siendo el de más bajo rendimiento. Del tratamiento con cobertura de color azul se cosechó 1667,06g por cosecha, valor que es un 46,24% superior al reportado previamente de 896,3g; el segundo mejor tratamiento obtenido para esta variable fue la cobertura de color blanco con 1452,06g, también superior en un 38,28% frente a lo obtenido por Enríquez, 2020 (896,25g). Finalmente el tercer mejor tratamiento obtenido fue la cobertura de color verde, la que en el estudio de Enríquez reporta como el mejor tratamiento; para la cobertura de color verde se obtuvo 1289,19g frente a los 952,5g obtenidos siendo superior en un 26,14%, y frente a los 1657,50g reportados por Mendoça et al., 2020 siendo inferior en un 22,22%.

Las diferencias obtenidas respecto al rendimiento promedio del experimento, se pueden considerar principalmente por dos factores que limitan la productividad, que son la genética de las plantas y el ambiente en el que se desarrollan. Las diferencias más evidentes respecto a la productividad del cultivo al comparar esta investigación con la realizada por Enríquez, 2020 podrían deberse al uso de híbridos diferentes (Titan F1 vs Sheila Victory F1).

El efecto del genotipo sobre el desarrollo por la influencia de factores abióticos puede incidir en el crecimiento, desarrollo y estructura de la planta debido a que genotipos diferentes epigenéticamente reaccionan de maneras diferentes a condiciones abióticas iguales (Klug, Cummings y Spencer, 2006). Los resultados señalados para las coberturas de colores azul y verde pueden deberse a que el uso de acolchados de diferentes colores, particularmente verdes, promueven la refracción de las longitudes de onda de luz rojo/rojo lejano, las mismas que mantienen a los fotosistemas de la planta fisiológicamente activos. De igual forma se puede atribuir que el uso de la cobertura de color rojo pudo perjudicar la actividad fisiológica de la planta al limitar la refracción del espectro rojo/rojo lejano lo que pudo limitar su productividad (Franquera, 2011).

Respecto a los parámetros de calidad, la primera variable evaluada fue el calibre de los frutos, para lo que se obtuvo que los frutos de mayor calibre se presentaron en los tratamientos con cobertura de color verde, azul, blanca y roja, en la categoría de calibre 2 (65mm – 79mm) sobresaliendo el color verde con un valor de 2,50. El único tratamiento empleado que tuvo una calidad inferior fue la cobertura de polipropileno tejido de color negro (control) clasificado en la categoría 3 (55mm – 64mm). El presente estudio difiere de los resultados obtenidos en una investigación previa en la que se compararon diferentes variedades e híbridos, entre ellos el híbrido Sheila Victory F1, donde se obtuvo que el 20% de la producción perteneció a la categoría 4; el 48% de la producción estuvo en la categoría 3; el 24% de la producción fue categoría 2; y el 6% en categoría 1, con un 2% de pérdidas por tamaño debajo de la base de categoría (Gamboa y Quezada, 2021). En el presente estudio se obtuvo que del total de frutos cosechados, el 63% de la producción perteneció a la categoría 2; el 10% a la categoría 1; y el 27% restante de la producción se distribuyó en categorías inferiores. Es evidente que el uso de coberturas en el suelo tiene un efecto directo sobre la calidad de los frutos cosechados ya que reducen la pérdida de agua del suelo, la lixiviación de

nutrientes del suelo, evitan la compactación del suelo, reducen la incidencia de plagas y enfermedades, impiden la germinación de las semillas y el crecimiento de malezas, así como, controlan la actividad microbiológica del suelo, modifican los deltas máximos y mínimos de la temperatura del suelo y aumentan la actividad microbiana alrededor de la zona radicular (Sharma et al., 2023).

Finalmente, otro parámetro de calidad evaluado fue el contenido de azúcares (sacarosa) mediante la prueba de grados brix, para lo que se obtuvo que el tratamiento con cobertura de color verde presentó el mayor contenido de azúcares expresados en grados Brix (3,60), resultado similar al obtenido por Mendoça et al., 2020, quienes reportaron el mayor contenido de sólidos solubles totales (4,27) para una cobertura plástica verde. El segundo valor más bajo para el contenido de azúcares se obtuvo con la cobertura de color negro (3,44) lo que es similar con lo obtenido por Mendoça et al., 2020 quienes reportan como su valor más bajo obtenido para el contenido de sólidos solubles totales su tratamiento con cobertura negra (4,20), sin que estos valores sean estadísticamente diferentes. Las coberturas plásticas de colores pueden tener efectos sobre los metabolitos generados por las plantas y estos efectos podrían diferir entre especies e incluso entre híbridos. El uso de plásticos de colores oscuros promovió la acumulación de azúcares totales, azúcares reductores, y contenido de vitamina C en plantas de sandía, contrario a lo ocurrido en plantas de papa donde la cobertura con plástico negro causó la disminución de la vitamina C, la firmeza del tubérculo, la gravedad específica y el contenido de almidón (Ruiz et al., 2015) (Li et al., 2018). En la producción de tomate riñón se ha demostrado que el uso de coberturas de polietileno negro junto con una fertilización completa pueden incrementar el contenido de azúcares por sobre los 3,60°Bx, elevar la acidez del fruto en 0,79% e incrementar el contenido de ácido ascórbico 64,20mg (Aruna et al., 2007). Los resultados del presente estudio coinciden con los reportados por estos autores.

VII. CONCLUSIONES

- El tratamiento con cobertura de polipropileno tejido de color azul obtuvo el mejor número promedio de frutos por planta con 2,08 siendo 23,07% superior al tratamiento testigo de color negro.
- La cobertura de polipropileno tejido de color azul presentó el mayor peso promedio de los frutos con 107,91g, siendo 6,13% superior al testigo, y el mayor rendimiento promedio total de la cosecha con 1667,06g cosechados.
- La cobertura de polipropileno tejido de color verde fue el mejor tratamiento en cuanto corresponde a las variables: acumulación de azúcares ya que presentó 3,60°Bx, y frutos de mayor categoría 2,50/4.
- El tratamiento con cobertura de polipropileno de color azul mostró los mejores resultados generales durante la evaluación tanto para las variables de rendimiento, representando el 25,5% del total de la cosecha, como para las variables de calidad con una acumulación de 3,53 °Bx y formando parte de los tratamientos con calibre de fruto 2 (2,75/4).
- Las coberturas de polipropileno tejido de colores azul, verde y blanco tuvieron mejores efectos sobre el control de malezas, la regulación del índice de evapotranspiración, el mantenimiento adecuado de la temperatura y de las interacciones microbiológicas en la zona radicular.
- El híbrido de tomate riñón Sheila Victory en una hectárea bajo invernadero, utilizando el polímero de polipropileno tejido de color azul, podría alcanzar un estimado de rendimiento de 36,5 t/ha⁻¹.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda incrementar los parámetros de evaluación incluyendo temperatura de suelo, contenido de agua en el suelo e índice de evapotranspiración.
- Mejorar el manejo agronómico del cultivo bajo invernadero en relación al control de plagas y enfermedades.
- Incrementar el tamaño de la parcela experimental y el número de repeticiones para obtener una mejor estimación de los parámetros productivos.
- Evaluar diferentes híbridos de tomate riñón para verificar la respuesta en la relación genotipo por ambiente.
- Incrementar un tratamiento sin cobertura para verificar los efectos que las coberturas puedan tener sobre parámetros fisiológicos del cultivo.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgroRedes. (2021). *Mulching Cubresuelo: Cobertura de suelo Politec de polipropileno tejido*. Recuperado de: <https://grupo-ap.com.ar/agrotextiles/mulching-cubresuelo/>
- Argerich, C. y Gaviola, J. (2019). *Manual de Producción de Semillas Hortícolas*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de España INIA. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6818>
- Amare, G. y Desta, B. *Coloured plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity*. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. Recuperado de: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-020-00201-8>
- Aruna, P., Sudagar, I., Manivannan, M., Rajangam, J. y Natarajan, S. (2007). *Effect of fertigation and mulching for yield and quality in tomato cv. PKM-1*. Asian Journal of Horticulture. Recuperado de: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083145057>
- Banco Central Europeo. (2021). *Eurosystem. Statistical Data Warehouse: Consumer Price Index*. Recuperado de: <https://sdw.ecb.europa.eu/reports.do?node=1000005>
- Caguana, M., Quindi, B. y Robayo, E. (2003). *El Cultivo de Tomate Riñón en Invernadero*. Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar. Recuperado de: https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=abya_ya
la
- Caguana, J. (2022). *Evaluación de cuatro tipos de mulch orgánico para recuperar suelos erosionados en el cultivo de remolacha (Beta vulgaris L.) en el sector Salache, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi 2021*. Universidad Técnica de Cotopaxi. Recuperado de: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9066>

- Cacoango, M. (2018). *Estudio de la adaptación y rendimiento de 10 variedades de tomate riñón (solanum lycopersicum l) bajo invernadero, cantón riobamba provincia de chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10347/1/13T0863.pdf>
- Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria de Nicaragua. (2008). *Programa de Diversificación Hortícola: Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola: Manual de Cultivo de Tomate*. Recuperado de: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>
- Cruz, S. y Gómez, C. (2022). *Effects of Daily Light Integral on Compact Tomato Plants Grown for Indoor Gardening*. Institute of Food and Agriculture Sciences (IFAS), University of Florida. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/agronomy12071704>
- El-Shaikh, A. y Fouda, T. (2008). *Effect of different mulching types on soil temperature and cucumber production under Libyan conditions*. Misr Journal of Agricultural Engineering. Vol: 25.
- Enríquez, V. (2020). *Efecto de cinco recubrimientos de polipropileno no tejido en parámetros productivos en tomate riñón (Solanum lycopersicum) en Puéllaro-Ecuador*. Repositorio Digital Universidad San Francisco de Quito.
- Filipovic, V., Romic, D., Romic, M., Borosic, J., Filipovic, L., Mallman, F. y Robinson, D. (2016). *Plastic mulch and nitrogen fertigation in growing vegetables modify soil temperature, water and nitrate dynamics: experimental results and a modeling study*. Agricultural Water Management. Vol: 176.
- Fornaris, G. (2007). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate: Características de la Planta*. Repositorio digital Universidad de Puerto Rico. Recuperado de: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Character%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2007.pdf>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *FAOstat: Tomato statistics*. Recuperado de: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Franquera, E. (2011). *Influence of different colored plastic mulch on the growth of lettuce (Lactuca sativa)*. Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants. Vol. 97.
- Frutos, V. (2015). *EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DEL MULCH NATURAL, MAÍZ (Zea mays L.), CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L.), VICIA (Vicia sativa L.), Y AVENA (Avena sativa L.) SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL BRÓCOLI (Brassica oleracea L.) EN EL CAMPUS QUEROCHACA, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS*. Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18279/1/Tesis-109%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20353.pdf>
- Gamboa, A. y Quezada, V. (2021). *Evaluación fenológica y productiva de tres variedades de tomate de mesa (Solanum lycopersicum) bajo invernadero en loma larga, provincia del Azuay*. Universidad de Cuenca. Recuperado de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37552/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>
- Gordon, G. (2010). *The Effects of Colored Plastic Mulches and Row Covers on the Growth and Yield of Okra*. Recuperado de: <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/20/1/article-p224.xml>
- Helaly, A., Goda, Y., Abd El Rehim, A. y El Zeiny, O. (2018). *Effect of polyethylene mulching type on the growth, yield and fruits quality of physalis pubescens*. Horticulture Research Institute, Ministry of Agriculture, Giza, Egypt. Recuperado de: <https://medcraveonline.com/APAR/effect-of-polyethylene-mulching-type-on-the-growth-yield-and-fruits-quality-of-physalis-pubescens.html>

- Ibáñez, J. (2008). *Temperatura del Suelo y Microclimatología*. Concejo Superior de Investigaciones Científicas de España.
- Ibarra, L. (2008). *Photosynthesis, soil temperature and yield of cucumber as affected by colored plastic mulch*. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*. Vol 58.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Sensores. (2023). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua: Perfil Provincial de Tomate*. Recuperado de:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjk1M2M4Y2UtNmYwOS00MDk1LWlxYzgtNmVkMzM5ODMzODNlIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWmtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTEyMiJ9&pageName=ReportSection5b660c865b9de068070e>
- Intergro. (2022). *Plástico Para Acolchado*. Recuperado de:
<https://intergro.com/es/productos/capas-plasticas/>
- Julio, G., Angulo, A., Velasco, J. y Guzmán, R. (2016). *Adaptación de híbridos de tomate indeterminado [Solanum lycopersicum L. (Mill.)] bajo condiciones de invernadero*. Universidad Mayor de San Simón. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/3613/361346796003.pdf>
- Klug, W., Cummings, M., Spencer, C. (2006). *Conceptos de genética*. Madrid, España: Pearson.
- Lamont, W. (2017). *Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. A Guide to the Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture*. Recuperado de:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102170-5.00003-8>
- Lee, J., Min, B., Kim, H., Kim, J., Kwon, Y. y Boyhan, G. (2019). *Effects of nonwoven polypropylene covering during overwintering on growth and bulb yield of intermediate-day onion*. *HortScience Journal*. Vol: 54.

- Li, Q., Li, H., Zhang, S. (2018). *Yield and water use efficiency of dryland potato in response to plastic film mulching on the Loess Plateau*. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science. Vol 88.
- López, L. (2016). *Manual Técnico del Cultivo de Tomate*. Programa Regional de Investigación e Innovación del Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola. Recuperado de: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- Magaña, N., Peña, A., Urzúa, F. y Hernández, R. (2018). *Control de malezas en tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.)*. Universidad Autónoma de Chapingo. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2019000200129&script=sci_arttext&tlng=es
- Maldonado, A., Alba, K., Zermeño, A., Ramírez, H. Y Benavides, A. (2015). *Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500003
- Mendonça, S., Ribeiro, M., Gomes, R., Evangelista, R., Carvalho, N. y Nascimento, A. (2020). *The effect of different mulching on tomato development and yield*. Scientia Horticulturae. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109657>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuicultura y Pesca del Ecuador. (2013). Memoria Técnica de clima e hidrología del Cantón Pedro Moncayo. Repositorio digital MAGAP. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/PEDRO_MONCAYO/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_pedro_moncayo_clima_hidrologia.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). *Boletín Situación Actual: Cultivo de tomate riñón*. Recuperado de: <https://fliphtml5.com/ijia/kept/basic>

- Reinoso, J. (2015). *Diagnóstico del uso de plaguicidas en el cultivo de tomate riñón en el Cantón Paute*. Universidad de Cuenca. Recuperado de:
<https://doi.org/10.18537/mskn.06.02.11>
- Ruiz, L., Jiménez, L., Valdez, L., Robledo, V., Benavides, A. y Fuetes, M. (2015). *Cultivation of watermelon – use of plastic mulch and row covers on soil temperature, growth, nutrient status, and yield*. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science. Vol 65.
- Saavedra Del Real, G. (2020). *Tomate (Solanum lycopersicum L.)*. INIA Carillanca, Recuperado de:
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6818/Capitulo%201.%20Tomate.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Sánchez, J. (2018). *Introducción al diseño experimental*. Cámara Ecuatoriana del Libro – Núcleo de Pichincha.
- Sánchez, F., Moreno, E., Vázquez, J. y González, M. (2017). *Densidades de población y niveles de despunte para variedades contrastantes de jitomate en invernadero*. Universidad Autónoma de Chapingo. Recuperado de:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2017000300163&script=sci_arttext&tlng=es
- Shah, M., Sakar, D., Chakraborty, R., Solaiman, A., Akter, A., Shu, S. y Guo, S. (2018). *Impacts of plastic filming on growth environment, yield parameters and quality attributes of lettuce*. Notulae Scientia Biologicae. Vol: 10.
- Sharma, S., Basnet, B., Bhattarai, K., Sedhai, A. y Khanal, K. (2023). *The influence of different mulching materials on Tomato's vegetative, reproductive, and yield in Dhankuta, Nepal*. Tribhuvan University, Nepal. Recuperado de:
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100463>

- SAKATA. (2023). *Casa Comercial SAKATA: Sheila Victory, fruto más atractivo sinónimo de preferencia en ventas*. Recuperado de:
<https://www.sakata.com.br/es/hortalizas/solanaceas/tomate/ensalada-milano-indeterminado/sheila-victory>
- Solomón, G., Kirsch, J., Lim, M. y Miller, M. (2000). *Pesticides and Human Health A Resource for Health Care Professionals*. University of California Irvine. Recuperado de: <https://escholarship.org/content/qt1kh1m1z8/qt1kh1m1z8.pdf>
- Tamayo, L., Rivera, P. y Neri, E. (2020). *PRODUCCIÓN DE TOMATE CON BAJO VOLUMEN DE AGUA PARA RIEGO*. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado de:
<https://cienciauanl.uanl.mx/?p=9653>
- Ucles, G. (2011). *Cuatro colores de mulch plástico y mulch orgánico en la incidencia de áfidos y mosca blanca, y rendimientos y sacarosa disuelta (°Bx) en melón*. Zamorano. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a1727262-9c0c-4d4f-be33-82f3b988fd4e/content>
- United States Department of Agriculture. (2022). *Harvesting and Processing Tomato Reports*. USDA's National Agricultural Statistics Service California Field Office. Recuperado de:
https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/California/Publications/Specialty_and_Other_Releases/Tomatoes/
- Zamora, E. (2016). *EL CULTIVO DE TOMATE (Lycopersicon esculentum L. Mill) BAJO CUBIERTAS PLASTICAS*. Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Recuperado de:
[https://dagus.unison.mx/Zamora/3.%20EL%20CULTIVO%20DE%20TOMATE%20\(](https://dagus.unison.mx/Zamora/3.%20EL%20CULTIVO%20DE%20TOMATE%20()

Lycopersicon%20esculentum%20L.%20Mill)%20BAJO%20CUBIERTAS%20PLAS
TICAS.pdf

Zhang, J., Kim, G. y Han, J. (2008). *Biodegradable mulch film made of starch- coated paper and its effectiveness on temperature and moisture content of soil*. Communications in Soil Science and Plant Analysis. Vol 40.

Zhang, Y., Wang, F., Shock, C. y Li, S. (2017). *Influence of different plastic film mulches and wetted soil percentages on potato grown under drip irrigation*. Agricultural Water Management. Vol: 180.

Zhou, X. (2016). *The effect of light and seed mass on seed germination of common herbaceous species from the eastern Qinghai-Tibet Plateau*. Escuela de Ciencias de la Vida de la Universidad Lanzhou. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12147>

ANEXO A: IMPLEMENTACIÓN DEL EXPERIMENTO



ANEXO B: TABLA RESUMEN NÚMERO PROMEDIO DE FRUTOS POR PLANTA

| Número de frutos promedio por planta | Repeticiones | | | |
|---|--------------|-------------|------------------|--------------|
| | I (Julio) | II (Agosto) | III (Septiembre) | IV (Octubre) |
| Tratamientos | | | | |
| | 1,36 | 2,09 | 1,34 | 1,63 |
| | 1,31 | 2,34 | 1,26 | 2,25 |
| | 1,65 | 1,94 | 1,79 | 1,15 |
| | 1,85 | 1,96 | 1,54 | 2,08 |
| | 1,55 | 2,19 | 2,01 | 2,58 |

ANEXO C: TABLA RESUMEN PESO PROMEDIO DE LOS FRUTOS POR PLANTA

| Peso promedio de los frutos por planta (g) | Repeticiones | | | |
|--|--------------|-------------|------------------|--------------|
| | I (Julio) | II (Agosto) | III (Septiembre) | IV (Octubre) |
| Tratamientos | | | | |
| | 99,73 | 102,00 | 89,75 | 113,70 |
| | 101,74 | 117,08 | 109,73 | 93,90 |
| | 121,40 | 110,47 | 89,40 | 89,75 |
| | 124,65 | 114,08 | 87,48 | 94,10 |
| | 119,80 | 116,59 | 89,41 | 105,83 |

ANEXO D: TABLA RESUMEN CALIBRE DE LOS FRUTOS POR PLANTA

| Calibre de los frutos por planta | Repeticiones | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------|------------------|--------------|
| | I (Julio) | II (Agosto) | III (Septiembre) | IV (Octubre) |
| Tratamientos | | | | |
| | 3,25 | 3,50 | 3,50 | 2,25 |
| | 2,75 | 2,00 | 2,50 | 2,75 |
| | 2,50 | 3,00 | 3,25 | 2,75 |
| | 2,50 | 3,00 | 3,25 | 2,75 |
| | 2,25 | 3,00 | 3,25 | 2,50 |

ANEXO E: TABLA RESUMEN RENDIMIENTO PROMEDIO TOTAL DE LA COSECHA

| Rendimiento promedio total de la cosecha (g) | Repeticiones | | | |
|--|--------------|-------------|------------------|--------------|
| | I (Julio) | II (Agosto) | III (Septiembre) | IV (Octubre) |
| Tratamientos | | | | |
| | 781,25 | 2019,50 | 583,88 | 492,00 |
| | 845,50 | 2580,38 | 740,88 | 990,00 |
| | 1137,63 | 2202,75 | 811,00 | 485,00 |
| | 1718,88 | 2549,50 | 705,13 | 834,75 |
| | 1468,63 | 3156,63 | 901,75 | 1141,25 |

ANEXO F: TABLA RESUMEN CONTENIDO DE AZÚCARES (SACAROSA)

| Contenido de azúcares | Repeticiones | | | |
|-----------------------|--------------|-------------|------------------|--------------|
| | I (Julio) | II (Agosto) | III (Septiembre) | IV (Octubre) |
| Tratamientos | | | | |
| | 3,20 | 3,18 | 4,39 | 2,98 |
| | 3,23 | 3,18 | 4,44 | 3,55 |
| | 2,96 | 3,59 | 4,14 | 3,05 |
| | 3,41 | 3,58 | 4,16 | 2,78 |
| | 3,35 | 3,63 | 4,06 | 3,10 |